

УДК 621.793 -426

В.А.Роянов, В.П.Семенов

# **ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЫЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ**

Порошковые проволоки, представляющие собой оболочку из малоуглеродистой ленты и легирующего порошкового стержня, разработанные в ИЭС им. Патона Е.О. для сварки, находят все большее применение для электродуговой металлизации. Однако, в состав шихты порошковых проволок, как правило, вводят порошки из дорогостоящих ферросплавов, металлов, карбидов или нитридов. Это приводит к повышению стоимости порошковых проволок при сравнительно низкой эффективности использования материала из-за значительного окисления воздушной распыляющей струей. С целью устранения указанных недостатков, в лаборатории кафедры "Оборудование и технология сварочного производства" проведены исследования по разработке составов порошковых проволок для получения износостойких покрытий за счет легирования металла расплавляемой оболочки из малоуглеродистой стали марки 08кп элементами из недефицитных ферросплавов, с насыщением частиц металла, образующимися при этом, карбидами и твердыми оксидами, а также - получением в оксидной фазе покрытия комплексов оксидов (шпинелей) с повышенной химической активностью и высокой твердостью.

В качестве легированной стальной основы предложено получать покрытие из хромистой стали, что обусловлено данными, приведенными в работах [1, 2].

Свойства хромистых сталей соответствуют задачам, поставленным в настоящей работе - получению высокоизносостойкого напыленного слоя порошковой проволокой из малоуглеродистой ленты и недорогостоящих, недефицитных материалов - ферросплавов и порошков металлов.

Разработанные составы порошковых проволок обеспечивают получение покрытий, содержащих 1,0 - 2,0 % С, 4,0 - 10,0 % Cr. Для получения в составе оксидной фазы покрытия оксидов, обладающих повышенной твердостью и прочностью, таких, как  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ , предложено вводить в состав шихты порошковых проволок порошок алюминия и феррохром.

Решение задачи повышения адгезионной и когезионной прочности было предложено осуществлять путем активизации связей между оксидами, образующимися на поверхности частиц, с оксидами и свободными атомами подложки за счет образования шпинелей; повышения температуры частиц распыляемого материала за счет экзотермических реакций, протекающих между компонентами частиц и кислородом распыляющей струи, например,  $Fe_2O_3 + Al \rightarrow Al_2O_3 + Fe + Q$ . Анализ литературы показал, что сцепляемость, например, шлаковой корки при сварке тем выше, чем ближе параметры кристаллической решетки шпинели к параметрам кристаллической решетки вюстита ( $FeO$ ). Хорошую сцепляемость обеспечивают комплексы, состоящие из оксидов  $Cr_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $CaO$  [4, 5].

С учетом приведенных предпосылок и на основании проведенных исследований по выявлению влияния различных компонентов шихты проволоки на химический состав и технологические свойства покрытий, предложен следующий обобщенный алгоритм для расчета составов шихты порошковых проволок для дуговой металлизации, в которых используются недефштитные порошки металлов и ферросплавов, с учетом рекомендаций [6], из расчета на 100 г шихты порошковой проволоки:

$$\sum K = \sum MeO + \sum Ra + \sum G + \sum Li + P; \quad (1)$$

где  $\Sigma K$  - суммарный состав компонентов, %;

$\Sigma MeO$  - суммарное количество непрочных оксидов, % ( $Fe_2O_3$ ,  $B_2O_3$ ,  $5H_2O$  и др., обеспечивающих дополнительное введение кислорода в зону плавления и распыления электродов);

$\Sigma Ra$  - суммарное количество активных раскислителей, образующих твердые и прочные оксиды ( $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $Cr_2O_3$ ), %;

$\Sigma Li$  - суммарное количество легирующих компонентов, %;

$\Sigma G$  - суммарное количество газообразующих компонентов ( $CaF_2$ ,  $CaCO_3$  и др.), %;

$P$  - содержание железного порошка, %.

Алгоритм расчета состава компонентов в шихте порошковых проволок, с учетом коэффициента заполнения  $K_3$  имеет вид:

$$\Sigma K = \frac{100}{K_3} (\Sigma MeO + \Sigma Ra + \Sigma G + \Sigma Li + P); \quad (2)$$

Алгоритм расчета разработанных составов порошковых проволок имеет вид:

$$\Sigma K = \frac{100 \cdot n \cdot Fe_2O_3}{K_3} + \frac{100 \cdot m \cdot Al}{K_3} + \frac{100 \cdot l \cdot CaF_2}{K_3} + \sum \frac{100 \cdot Ai}{K_3 \cdot K_n \cdot \eta} + \frac{100 \cdot a \cdot P}{K_3}; \quad (3)$$

где  $n$  - рекомендуемое количество гематита ( $n = 1,5 - 2,5$  %);

$m$  - рекомендуемое количество алюминия на 100 г порошковой проволоки ( $m = 5,0 - 8,0$  %);

$Ai$  - концентрация легирующего компонента в напыленном слое (например,  $A_{Cr} = 5,0 - 10,0$  %);

$K_n$  - доля легирующего компонента во вводящем материале (порошке, ферросплаве);

$l$  - рекомендуемое количество  $CaF_2$  ( $l = 1,0 - 1,5$  %);

$a$  - количество железного порошка в шихте, %.

С помощью формулы (3) производился расчет шихты порошковых проволок, как опытных составов, так и при изготовлении промышленных партий.

Разработана серия составов порошковых проволок для получения износостойких покрытий, получившие индексацию: ПП-ММ-2; ПП-ММ-63; ПП-ММ-65 [7, 8].

Разработанные составы порошковых проволок обеспечивают прочность сцепления покрытий при чистом отрыве или срезе - не менее **50** МПа, а при совмещенных условиях нагружения (отрыв со срезом) - не менее **39** МПа. Приведенные результаты соответствуют решению одной из поставленных задач.

Сравнительные испытания износостойкости покрытий при трении металлических пар производились в условиях лаборатории ВНИИвагон МПС г.Тверь (Россия). Для испытаний были изготовлены образцы с покрытиями, нанесенными проволоками ПП-ММ-63 и ПП-ММ-65. Испытания производились при сухом трении образцов цилиндрической формы с нанесенным на торце цилиндра покрытием. Режим испытаний: удельное

давление -  $50 \text{ кгс/см}^2$ , скорость скольжения -  $3,8 - 7,3 \text{ см/с}$ , шероховатость

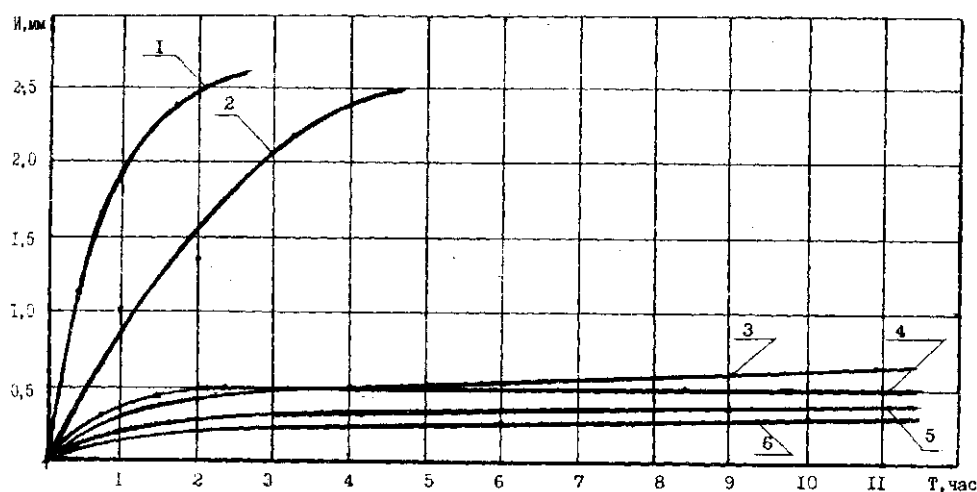


Рис.1. График изменения величины износа  $I$  от времени испытаний.  
 1 - сталь Ст.3; 2 - сталь 20ГФЛ; 3 - детонационное покрытие ПС-12НВК-01;  
 4 - детонационное покрытие ПН65Х25С3Р3; 5 - электродуговое покрытие ПП-ММ-63;  
 6 - электродуговое покрытие ПП-ММ-65

поверхности покрытий перед испытаниями -  $R_z = 80$ . В процессе испытаний фиксировалось время и изменение толщины покрытия. По полученным данным строился график зависимости величины линейного износа от продолжительности испытаний (см. Рис. 1), который отражает различие в интенсивности износа испытываемых материалов. Для сравнения производились испытания покрытий, полученных методом детонационного напыления, с

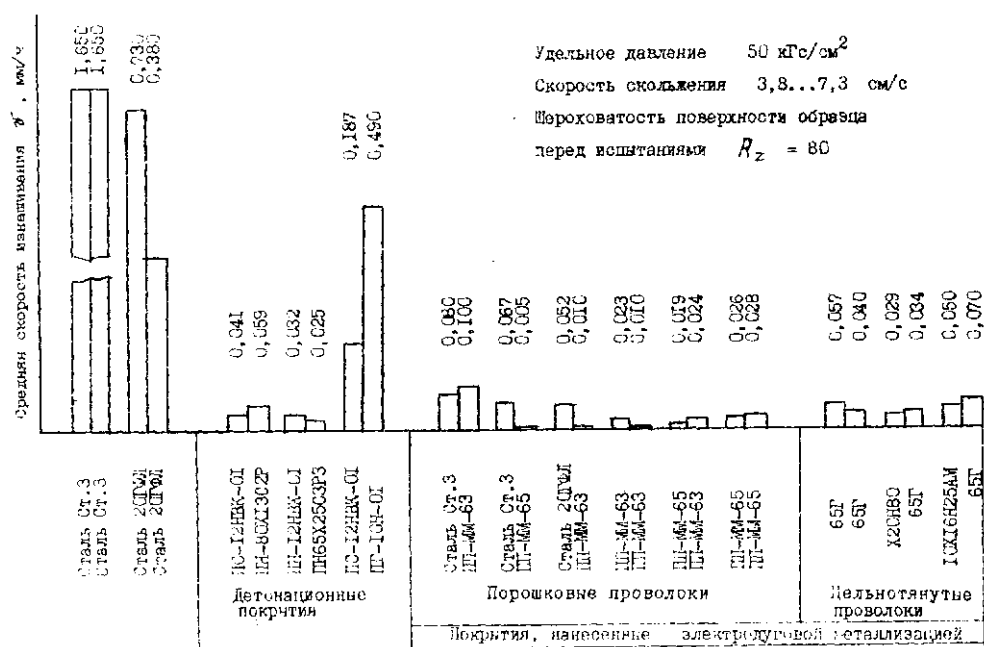


Рис.2. Диаграмма значений средних скоростей износа  $V$  для различных сочетаний трущихся пар

использованием широко применяемых в практике порошков, а также - образцов, изготовленных из материалов, применяемых для изготовления деталей машин. Результаты сравнительных испытаний были обобщены в виде диаграммы, представленной на рис. 2.

Представленные результаты убедительно показывают, что покрытия из разработанных составов порошковых проволок обеспечивают износостойкость на уровне покрытий из дорогостоящих порошков металлов и нанесенных методом детонационного напыления, значительно превышают износостойкость литых сталей типа Ст. 20ГФЛ, а также - покрытий, нанесенных проволоками сплошного сечения из сплавов типа Х20Н80, 10Х16Н25АМ, обеспечивают высокую прочность сцепления покрытия с подложкой (адгезионную прочность) и невысокую себестоимость покрытий.

Разработанные составы проволок нашли применение при нанесении износостойких покрытий на коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания на предприятиях НПО "Ремдеталь", Киевского НПО "Мотортехника", Луганском заводе коленчатых валов, ряде станций технического обслуживания автомобилей в городах Полтава, Берегово, Таганрог. Эти составы были использованы также при восстановлении деталей полиграфического оборудования (крючки самонакладов, цилиндры формные и офсетные, посадочные места под подшипники валиков и формных цилиндров) в типографиях "Молодая гвардия" г.Москва, Можайского полиграфкомбината. Промышленное изготовление таких проволок освоено на Днепропетровском экспериментально-исследовательском заводе сварочных материалов.

Выводы.

1. Предложено и реализовано принципиально новое направление в создании экономнолегированных порошковых проволок для электродугового напыления, основанное на получении твердых оксидов в составе напыляемого покрытия с целью усиления сопротивления износу и повышения прочности сцепления покрытий с основой за счет получения шпинелей с параметрами кристаллической решетки, близкими к параметрам кристаллической решетки вюстита.

2. Предложен алгоритм расчета состава шихты порошковых проволок.

3. Сравнительные результаты испытаний подтвердили высокие технологические свойства покрытия - высокую прочность сцепления покрытия с основой (не менее 45 МПа - при отрыве, не менее 50 МПа - при срезе), износостойкость покрытий соответствует показателям, полученным при испытаниях детонационных покрытий, напыленных порошками, содержащими никель, карбиды и нитриды.

4. Освоено промышленное изготовление разработанных составов порошковых проволок, которые нашли применение на промышленных предприятиях Украины и стран СНГ.

#### *Библиографический список*

1. Месыкин В.С. Основы легирования стали.-М.: Металлургия, 1964.- 284 с.
2. Геллер Ю.А. Инструментальные стали.-М.: Машиностроение, 1975.- 265 с.
3. Бобриков Ю.В., Пожаров И.П., Ершов А.А. Улучшение отделимости шлаковой корки при наплавке ленточным электродом//Автомат. сварка.- 1983.- № 5.- С.43 - 45.
4. Механизм сцепления шлаковой корки с поверхностью шва/И.К.Походня, И.Р.Явдошин и др.//Автомат.сварка.- 1974.- № 5.- С.5 - 10.
5. Якобашивили С.Б. Адгезия некоторых сварочных шлаков к сплавам на основе никеля//Сварочное производство, 1963.- № 4.- С.11 - 13.
6. Походня И.К., Шлепаков В.П. Порошковая проволока с сердечником основного типа для полуавтоматической сварки открытой дугой//Автомат.сварка.- 1961.- № 7.- С.29 - 31.
7. А.с. № 1212072. Биметаллическая порошковая проволока для электродугового напыления/ В.А.Роянов, В.П.Семенов, В.И.Черноиванов и др.- Кл. С23 С 4/06, 1984 (неопубликов.).
8. А.с. № 1406944. Порошковая проволока для высокотемпературного напыления/ В.А.Роянов, В.П.Семенов, В.А.Соломатин и др.- Кл. В23 К 35/36, 35/368, 1988 (неопубликов.).